

Oefenopgaven

ENERGIE, REACTIESNELHEID en EVENWICHT

vwo

OPGAVE 1

Happy en Fifax zijn merknamen van middelen die verstopte afvoeren weer ontstoppen. De inhoud van de verpakkingen blijkt te bestaan uit korrels natriumhydroxide. Als het natriumhydroxide in een verstopte afvoer wordt gebracht, lost het op in het aanwezige water en verwijdert het vuil.

- 01 Geef de vergelijking voor het oplossen van natriumhydroxide.

De energieverandering die tijdens het oplossen van natriumhydroxide optreedt is negatief.

- 02 Wat wordt met deze uitspraak bedoeld? Goed uitleggen.
03 Zal de temperatuur van het water in de verstopte afvoer stijgen of dalen als er wat natriumhydroxide in wordt gedaan? Leg uit.

OPGAVE 2

In een geïsoleerde opstelling wordt een bepaalde hoeveelheid aceton (C_3H_6O) verbrand. De verbrandingswarmte van aceton bedraagt $-18,2 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

- 04 Geef de vergelijking voor de volledige verbranding van aceton.

Met de vrijgekomen warmte wordt 200 gram water verwarmd. De temperatuurstijging bedraagt 23,4 graden.

- 05 Bereken hoeveel warmte, uitgedrukt in J, door het water is opgenomen. Neem hierbij aan dat er 4,18 J nodig is om één gram water één graad in temperatuur te laten stijgen.
06 Bereken hoeveel gram aceton er verbrand is. Neem aan dat er geen warmteverlies is opgetreden.
07 Bereken de vormingswarmte van aceton in J per mol uit de gegeven verbrandingswarmte en uit gegevens van tabel 57.

OPGAVE 3

In tabel 62 van BINAS staan ionisatie-energieën. Voor de elementen uit groep 2 staan de eerste ionisatie-energieën *niet* vermeld. Bij calcium bijvoorbeeld gaat het om het volgende proces:



Calcium staat in het Periodiek Systeem één plaats verder dan kalium.

- 08 Beredeneer of de eerste ionisatie-energie van calcium groter of kleiner is dan die van kalium.

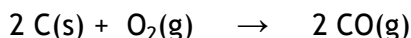
In de eerste kolom van tabel 62 van BINAS zie je dat de ionisatie-energieën vanaf lithium tot en met cesium (regelmatig) afnemen.

- 09 Geef een verklaring voor deze afname.

OPGAVE 4

Als je de reactiewarmte experimenteel wilt bepalen, kun je gebruik maken van water. Het energie-effect van de reactie bepaalt of het water warmer wordt of kouder. Met de soortelijke warmte van water kun je berekenen hoeveel warmte het water heeft opgenomen of afgestaan.

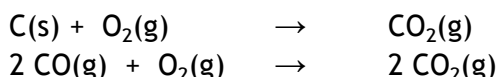
Men wil van onderstaande reactie de reactiewarmte bepalen:



In de praktijk stuit men hierbij op een probleem. Dat wil zeggen dat de bovenbeschreven manier hier niet werkt.

- 10 Welk probleem is dat? (beschouw de reactie als aflopend)

Men kan echter wél van de volgende reacties de reactiewarmte zonder problemen experimenteel bepalen:



De resultaten van de experimenten kan men weer gebruiken om de reactiewarmte van de eerstgenoemde reactie te *berekenen*.

- 11 Leg dit uit. Dit kan zonder getallen.

OPGAVE 5

In tabel 45B van BINAS staan kwantitatieve gegevens over zouten in water. Je kunt daar de oplosbaarheid van zouten vinden in mol per kg water. Dit mag je lezen als: mol per liter water.

Het oplossen van kaliumfluoride is een exotherm proces: $\Delta E_{\text{opl}} = -0,10 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Stel dat je voor een practicum een oplossing moet maken van 20 gram kaliumfluoride in 150 mL water. Dan kun je natuurlijk 150 mL water afmeten en hierin 20 gram kaliumfluoride oplossen. Dit is echter niet de beste manier! Beter is het als je de 20 gram kaliumfluoride oplost in iets minder dan 150 mL, bijvoorbeeld 100 mL of 125 mL, en later aanvult met water tot 150 mL.

- 12 Leg uit waarom de tweede manier beter is dan de eerste.

Iemand beweert dat het nog beter is als je de 20 gram kaliumfluoride oplost in een klein volume, bijvoorbeeld 25 mL, en dit met water aanvult tot 150 mL.

- 13 Leg uit of deze manier inderdaad beter is.

Je maakt nu een *verzadigde* oplossing van kaliumfluoride.

- 14 Bereken hoeveel graden het water in temperatuur stijgt. Neem aan dat er 4,18 J nodig is om één gram water één graad in temperatuur te laten stijgen.

OPGAVE 6

Ketelsteen (calciumcarbonaat) kan verwijderd worden door het te overgieten met een overmaat azijn. Azijn bevat azijnzuur (CH_3COOH). In de oplossing zijn dan onder andere ionen H^+ aanwezig. De vergelijking van de reactie die optreedt luidt:



Een leerling krijgt de opdracht van deze reactie te laten zien dat de snelheid gedurende de reactie afneemt. In een diagram moet dit duidelijk gemaakt worden.

- 15 Beschrijf de handelingen die de leerling moet verrichten om zo'n diagram te kunnen maken.
- 16 Leg uit hoe uit het diagram volgt dat de snelheid gedurende de reactie afneemt.

Het experiment wordt herhaald met dezelfde hoeveelheid calciumcarbonaat, maar nu met zoutzuur in plaats van azijnzuur. Het zoutzuur en de azijnzuur hebben dezelfde molariteit.

- 17 Leg uit dat het voor het eerlijk vergelijken van beide proeven niet uitmaakt of de gebruikte volumes van de zuren gelijk zijn.

Met zoutzuur blijkt de reactie sneller te verlopen dan met azijnzuur.

- 18 Welke conclusie kun je nu trekken over de concentratie van de ionen in zoutzuur ten opzicht van azijnzuur?
19 Hoe uit zich dit verschil in reactiesnelheid in het diagram?

OPGAVE 7

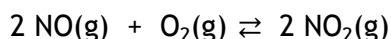
Waterstofperoxide ontleedt onder invloed van licht: $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$.

De ontleding verloopt veel sneller wanneer je wat bruinsteen (MnO_2) toevoegt.

- 20 Welke functie heeft het bruinsteen hier?
21 Hoe kun je deze functie van het bruinsteen controleren?
22 Leg uit of het voor de reactiesnelheid uitmaakt of je het bruinsteen wel of niet fijn verdeeld toevoegt. Maak bij de uitleg gebruik van het botsingsmodel.

OPGAVE 8

In een afgesloten vat van 10,0 liter brengt men 7,00 mol stikstofmonooxide en 5,00 mol zuurstof. De temperatuur wordt constant gehouden. Het volgende evenwicht stelt zich in:



Bij evenwicht blijkt er 4,50 mol stikstofdioxide aanwezig te zijn.

- 23 Uit hoeveel mol stikstofmonooxide en zuurstof is 4,50 mol stikstofdioxide ontstaan?
24 Bereken de concentratie in mol per liter van de drie aanwezige stoffen bij evenwicht.
25 Bereken voor de reactie naar rechts de energieverandering met behulp van tabel 57 van BINAS in joule per mol NO.

OPGAVE 9

In een reageerbuis wordt 2,54 mg jood gedaan en wordt er 3,0 mL water toegevoegd. Na schudden is de vloeistof licht bruin gekleurd. Een deel van het jood is opgelost. De oplosbaarheid van jood in water bedraagt 0,030 gram per 100 mL.

- 26 Leg op microniveau uit waarom jood slecht oplost in water.

Vervolgens wordt er 3,0 mL benzine toegevoegd. Benzine drijft op water. Na schudden is de benzinelaag paars gekleurd. De waterlaag is lichter bruin gekleurd.

- 27 Welke scheidingsmethode is hier toegepast?

Jood verdeelt zich over de benzine- en waterlaag volgens een vaste verhouding. Deze verhouding kan als volgt weergegeven worden:

$$K = \frac{[\text{I}_2(\text{benzine})]}{[\text{I}_2(\text{aq})]} = 9,0$$

Hierin is K een constante.

- 28 Bereken hoeveel mol jood er is toegevoegd.
29 Bereken hoeveel mol jood er maximaal kan oplossen in 3,0 mL water.
30 Bereken of van de 2,54 mg jood die er gebruikt is alles kan oplossen in het vloeistofmengsel van water en benzine of dat er nog vast jood overblijft.

OPGAVE 10

In een ruimte van 5,00 liter brengt men 9,50 mol HCl(g) en 2,60 mol O₂(g). Na evenwichtsinstelling is 40,0% HCl(g) omgezet en is er Cl₂(g) en H₂O(g) ontstaan.

- 31 Bereken de concentraties bij evenwicht.
32 Bereken de evenwichtsconstante.

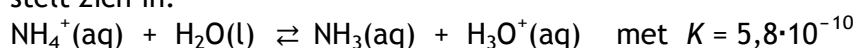
OPGAVE 11

Men mengt 30,0 mol H₂ en 10,0 mol N₂ in een reactor van 1000 dm³. Als het evenwicht is ingesteld, is er 4,0 mol NH₃ ontstaan.

- 33 Bereken de evenwichtsconstante.

OPGAVE 12

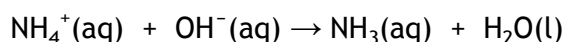
Men mengt 0,10 mol NH₃ en 0,15 mol NH₄Cl in 1,0 liter water. Het volgende evenwicht stelt zich in:



Neem aan dat bij het instellen van het evenwicht de hoeveelheden NH₃ en NH₄⁺ verwaarloosbaar veranderen.

- 34 Bereken de concentratie van de ionen H₃O⁺ in mol per liter bij evenwicht.

Aan het evenwichtsmengsel wordt 3,2 gram NaOH toegevoegd. De volgende reactie treedt op:



Na deze verstoring zal het evenwicht zich opnieuw instellen.

- 35 Bereken de concentratie van de ionen H₃O⁺ in mol per liter als het evenwicht zich opnieuw heeft ingesteld.

OPGAVE 13

In een reactievat van 1,0 liter brengt men een bepaalde hoeveelheid PCl₃ bij 0,040 mol Cl₂ en laat het volgende evenwicht instellen: PCl₃(g) + Cl₂(g) ⇌ PCl₅(g)

Onder de gegeven omstandigheden geldt: $K = 17$. Bij evenwicht is er 0,020 mol PCl₅ ontstaan.

- 36 Bereken hoeveel mol PCl₃ je moet mengen met 0,040 mol Cl₂ om bij evenwicht 0,020 mol PCl₅ te hebben.

OPGAVE 14

Men doet een stukje Co in 25,0 mL 0,400 M NiCl₂-oplossing. Het volgende evenwicht stelt zich in: Ni²⁺(aq) + Co(s) ⇌ Ni(s) + Co²⁺(aq). Er geldt: $K = 3,22$

- 37 Bereken de concentratie van Co²⁺ en van Ni²⁺ in mol per liter als het evenwicht is ingesteld.

Na instelling voegt men 5,00 mL 0,150 M CoCl₂-oplossing toe.

- 38 Bereken de concentratie van Co²⁺ en van Ni²⁺ in mol per liter als het evenwicht opnieuw is ingesteld.

OPGAVE 15

Aan 25,0 mL leidingwater wordt 50,0 mL 0,0840 M AgNO₃-oplossing toegevoegd. Er ontstaat een neerslag van AgCl.

- 39 Bereken de minimale concentratie Cl⁻ in mol per liter in het leidingwater.

OPGAVE 16

Het giftige gas fosgeen (COCl_2) ontleeft al bij lage temperatuur in koolstofmonoxide en chloor. Dit is een evenwichtsreactie.

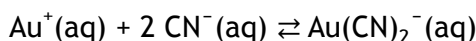
- 40 Geef de reactievergelijking van deze ontleding.
41 Beredeneer naar welke kant het evenwicht verschuift als we extra chloorgas toevoegen aan het evenwichtsmengsel.
42 Beredeneer naar welke kant het evenwicht verschuift als we het volume van het reactievat verkleinen.

In een vat van 1,0 liter brengen we 0,20 mol fosgeen. Bij een bepaalde temperatuur laten we het evenwicht intreden. In het evenwichtsmengsel blijkt dan 0,040 mol Cl_2 aanwezig te zijn.

- 43 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante.

OPGAVE 17

Goud(I)ionen vormen uitermate stabiele complexe ionen met cyanide-ionen:



Volgens een literatuurbron bedraagt de evenwichtsconstante voor deze complexvorming $3,0 \cdot 10^{38}$.

- 44 Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht en leg uit wat hier bedoeld wordt met uitermate stabiele complexe ionen.
45 Bereken de concentratie Au^+ -ionen in mol per liter in een oplossing waarin geldt: $[\text{CN}^-] = 0,40 \text{ mol L}^{-1}$ en $[\text{Au}(\text{CN})_2^-] = 0,15 \text{ mol L}^{-1}$.
46 Bereken het aantal Au^+ -ionen dat zich bevindt in 1,0 L van de bovenstaande oplossing.
47 Leg uit dat het eigenlijk onzinnig is om deze complexvorming een evenwichtsreactie te noemen.

Goud(I)bromide is een slecht oplosbaar zout. Als we aan een suspensie van AuBr in water een overmaat NaCN toevoegen, lost AuBr echter op.

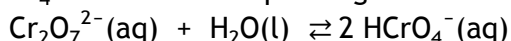
- 48 Geef hiervoor een verklaring met behulp van een evenwichtsbeschouwing.

We beschikken over 1,0 L van een oplossing, waarin $1,2 \cdot 10^{-2}$ mol Au^+ -ionen aanwezig is. We voegen daar $6,0 \cdot 10^{-2}$ mol NaCN aan toe en roeren tot alles is opgelost. Het volume blijft tijdens het oplossen van NaCN constant.

- 49 Bereken de concentratie van vrije Au^+ -ionen in de nu ontstane oplossing.

OPGAVE 18

In een oplossing van kaliumdichromaat komen, behalve ionen K^+ en $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, ook ionen HCrO_4^- voor. In zo'n oplossing heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



Voor dit evenwicht geldt: $K = \frac{[\text{HCrO}_4^-]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$

Bij verdunning van een kaliumdichromaatoplossing verschuift dit evenwicht naar rechts.

- 50 Leg dit uit aan de hand van de evenwichtsvoorwaarde.

Omdat HCrO_4^- een zwak zuur is, kan men in een oplossing van kaliumdichromaat ook de aanwezigheid van ionen CrO_4^{2-} verwachten.

51 Geef de ionisatievergelijking van het zwakke zuur HCrO_4^- .

52 Geef de formule voor K_z van het zuur HCrO_4^- .

Men maakt een oplossing van 0,082 molair kaliumdichromaat en meet een pH van 4,73. De waarde van K_z van HCrO_4^- bedraagt $1,0 \cdot 10^{-7}$.

53 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van bovengenoemd evenwicht.

Bij reacties met kaliumdichromaat gebruikt men meestal een aangezuurde oplossing. Men kan berekenen dat in een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat, waarvan de pH kleiner is dan 3, $[\text{CrO}_4^{2-}]$ zeer klein is ten opzichte van $[\text{HCrO}_4^-]$.

54 Geef deze berekening.

OPGAVE 19

Oplosbaarheid is een belangrijke factor bij de bepaling van de milieuverontreiniging van zouten. Zo kan men het verschil in oplosbaarheid gebruiken om bariumionen van strontiumionen te scheiden in een oplossing.

Men heeft een oplossing met $[\text{Ba}^{2+}] = 0,010 \text{ M}$ en $[\text{Sr}^{2+}] = 0,010 \text{ M}$. Aan deze oplossing wordt een overmaat natriumsulfaatoplossing toegevoegd. Er ontstaat een neerslag van bariumsulfaat en van strontiumsulfaat.

55 Geef van deze twee reacties de reactievergelijking.

De oplosbaarheid van beide sulfaten wordt bepaald door hun oplosbaarheidsproduct. Zie tabel 46 van BINAS. Uit deze oplosbaarheidsproducten blijkt dat bariumsulfaat veel slechter oplost dan strontiumsulfaat. Het is dus aannemelijk dat bij het toevoegen van de natriumsulfaatoplossing eerst bariumsulfaat zal neerslaan.

56 Toon door een berekening aan dat de concentratie bariumionen $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ bedraagt op het moment dat strontiumsulfaat begint neer te slaan.

Uit het oplosbaarheidsproduct van een zout kan de oplosbaarheid in mol per liter worden berekend. Voor zilverchloride geldt: $\text{AgCl(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ <1>

57 Bereken de oplosbaarheid van zilverchloride in water.

Sommige metaalionen kunnen complexe ionen vormen. Een voorbeeld van zo'n complex ion is $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$. Dit complex bestaat uit een centraal Ag^+ -ion dat is gebonden aan twee NH_3 -moleculen. De vorming van zo'n complex is een evenwichtsreactie. Voor het complex $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ geldt: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2 \text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq})$ met $K_c = 1,7 \cdot 10^7$. <2>

De vorming van dit complex heeft tot gevolg dat zilverchloride in een 1,0 M NH_3 -oplossing beter oplost dan in water. In een NH_3 -oplossing spelen beide evenwichten <1> en <2> een rol. De oplosbaarheid van zilverchloride in ammonia kan derhalve weergegeven worden met: $\text{AgCl(s)} + 2 \text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ <3>

58 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht <3>.

Volgens evenwicht <3> kun je ervan uitgaan dat als zilverchloride in een NH_3 -oplossing wordt opgelost er geldt: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = [\text{Cl}^-]$. De oplosbaarheid van zilverchloride is dan gelijk aan de concentratie van de bovengenoemde ionsoorten.

- 59 Bereken de oplosbaarheid van zilverchloride in een 1,0 M NH_3 -oplossing en toon daarmee aan dat de oplosbaarheid van zilverchloride in een 1,0 M NH_3 -oplossing groter is dan in water.

OPGAVE 20

Waterstoffluoride kookt bij 293 K ($p = p_0$). In waterstoffluoridedamp van $T = 293$ K en standaarddruk ($p = p_0$) stelt zich het volgende evenwicht in: $(\text{HF})_6(\text{g}) \rightleftharpoons 6 \text{HF}(\text{g})$

De dichtheid van het gasmengsel van $(\text{HF})_6$ en HF van $T = 293$ K en $p = p_0$ bedraagt $4,8 \text{ g dm}^{-3}$. Onder die omstandigheden is het volume van 1,0 mol gas 24 dm^3 .

- 60 Laat met een berekening aan de hand van deze gegevens zien welke van de soorten moleculen, $(\text{HF})_6$ of HF, het meeste voorkomt in het gasmengsel bij $T = 293$ K en $p = p_0$.

Als bij gelijkblijvende temperatuur de druk van een gas twee maal zo klein wordt, zal de dichtheid van het gas in het algemeen ook twee maal zo klein worden. Dit is echter niet het geval als de druk van het gasmengsel van $(\text{HF})_6$ en HF (bij 293 K en $p = p_0$) twee maal zo klein wordt. De dichtheid van het gasmengsel van $(\text{HF})_6$ en HF van $T = 293$ K en $p = \frac{1}{2} p_0$ is niet $2,4 \text{ g dm}^{-3}$, maar kleiner dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$.

- 61 Leg uit hoe het komt dat die dichtheid in dat geval kleiner is dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$.

Uit resultaten van metingen aan het bovengenoemde evenwicht bij $T = 353$ K en $p = p_0$ heeft men kunnen afleiden dat onder die omstandigheden de moleculen die in het gasmengsel aanwezig zijn, voor 21% moleculen $(\text{HF})_6$ zijn en voor 79% moleculen HF.

- 62 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante K van het evenwicht $(\text{HF})_6(\text{g}) \rightleftharpoons 6 \text{HF}(\text{g})$ bij $T = 353$ K en $p = p_0$.

Oefenopgaven

ENERGIE, REACTIESNELHEID en EVENWICHT

vwo

OPGAVE 1

- 01 $\text{NaOH(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- 02 De stof raakt energie kwijt aan de omgeving. De producten hebben een lager energieniveau dan de beginstoffen.
- 03 Er komt warmte vrij (exotherm). De temperatuur van het water zal stijgen.

OPGAVE 2

- 04 $2 \text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 9 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- 05 $Q = 200 \text{ g} \times 23,4 \text{ K} \times 4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} = 1,96 \cdot 10^4 \text{ J}$.
- 06 Aantal mol aceton: $\frac{1,96 \cdot 10^4}{18,2 \cdot 10^5} = 0,0107 \text{ mol}$.
- Molmassa $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$: $58,079 \text{ g mol}^{-1}$
- Aantal g aceton: $0,0107 \times 58,079 = 0,624 \text{ gram}$
- 07 $2 \text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 9 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$ mag je voor energieberekeningen omschrijven naar:
 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 4\frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$, zodat er een coëfficiënt 1 staat voor $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.
- $\Delta E_{\text{verbranding}} = E_{\text{product(en)}} - E_{\text{beginstof(fen)}} =$
 $(3 \times -3,935 + 4 \times -2,86) - (\Delta E_{\text{vorming}}) \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} = -18,2 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
- $\Delta E_{\text{vorming}} = -5,05 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

OPGAVE 3

- 08 Elektronen worden aangetrokken door de kern. Een grotere kernlading betekent een grotere aantrekkingskracht. Een grotere afstand tot de kern betekent een kleinere aantrekkingskracht. Hier overheerst de eerste factor, want Ca en K staan in dezelfde periode en hebben dus hetzelfde aantal schillen. De kernlading van Ca is groter, dus zal ook de eerste ionisatie-energie groter zijn.
- 09 Hier overheerst de tweede factor. Hoewel de kernlading toeneemt, neemt ook de afstand tot de kern toe, omdat er iedere periode een schil bijkomt (als de afstand tussen twee ladingen r keer zo groot wordt, wordt de kracht r^2 keer zo klein).

OPGAVE 4

- 10 Je kunt bij de verbranding van C niet voorkomen dat er ook CO_2 ontstaat.
- 11
- | | |
|---|------------------------|
| $2 \text{C} + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$ | $\Delta E = E_1$ |
| $2 \text{CO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{CO}$ | $\Delta E = E_2$ |
| $2 \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}$ | $\Delta E = E_1 + E_2$ |

E_2 haal je uit de verbrandingsenergie van CO (experimenteel bepaald) door het teken om te draaien. Als de optelsom van twee reacties de gewenste reactie oplevert, dan levert de optelsom van de afzonderlijke reactie-energieën ook de gewenste reactie-energie op (wet van Hess).

OPGAVE 5

- 12 $150 \text{ mL water} + 20 \text{ gram KF} \rightarrow \text{meer dan } 150 \text{ mL oplossing}$.
- 13 Ja, er komt warmte vrij. Door het kleine volume stijgt de temperatuur sterk. Bij hogere temperatuur lost het zout sneller op.

- 14 Molariteit (volgens tabel 45B van BINAS): $17,5 \text{ mol L}^{-1}$ (1 kg water $\triangleq$ 1 L water).

$$\frac{150}{1000} \times 17,5 = 2,63 \text{ mol KF in 150 mL. Massa oplossing} = 150 \text{ g.}$$

Door water opgenomen warmte $Q = \Delta E_{\text{opl}} \times \text{aantal mol KF}$

$$Q = -0,1 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} \times 2,63 \text{ mol} = 2,63 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q = c \times m \times \Delta T \rightarrow 2,63 \cdot 10^4 = 4,18 \times 150 \times \Delta T \rightarrow \Delta T = 41,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

(in werkelijkheid zal de temperatuurstijging kleiner zijn, wegens warmteverlies aan de omgeving en afkoeling tijdens het oplossen)

OPGAVE 6

- 15 Eerste manier

De leerling kan het $\text{CO}_2(\text{g})$ opvangen (in een gasmeetspuit of omgekeerde maatcilinder gevuld met water) en om de zoveel seconden meten hoeveel mL gas er ontstaan is.

Tweede manier

De leerling plaatst de opstelling op een weegschaal en meet om de zoveel seconden de massa van het geheel. De massa zal afnemen, omdat het ontstane $\text{CO}_2(\text{g})$ niet meer meegewogen wordt.

- 16 Eerste manier

De grafiek stijgt eerst snel, maar daarna steeds langzamer. Per tijdseenheid wordt dus steeds minder $\text{CO}_2(\text{g})$ gevormd wat duidt op een afnemende reactiesnelheid.

Tweede manier

De grafiek daalt eerst vrij snel, maar daarna steeds langzamer. Per tijdseenheid verdwijnt dus steeds minder $\text{CO}_2(\text{g})$ uit de opstelling wat duidt op een afnemende reactiesnelheid.

- 17 Het gaat bij dit experiment om reactiesnelheid. Deze wordt onder andere bepaald door de concentratie van het zuur en niet door de hoeveelheid zuur. Die hoeveelheid is overigens bij beide proeven een overmaat.

- 18 In zoutzuur is de concentratie H^+ groter dan in azijnzuur en dit bepaalt de snelheid.

- 19 Bij de eerste manier zie je dat de grafiek van de proef met zoutzuur sneller stijgt en ook eerder horizontaal loopt (een aanwijzing dat dan de reactie afgelopen is). Bij de tweede manier zie je dat de grafiek van de proef met zoutzuur sneller daalt en ook eerder horizontaal loopt.

OPGAVE 7

- 20 Bruinsteen is hier de katalysator.

- 21 Een katalysator wordt niet verbruikt. Als de reactie afgelopen is en je voegt nog wat waterstofperoxide toe, dan verloopt de reactie weer even snel als in het begin.

- 22 Bij fijn verdeeld bruinsteen heb je een groter oppervlak. Er kunnen dan meer deeltjes tegelijkertijd botsen. De reactie zal dan nog sneller verlopen.

OPGAVE 8

- 23 $\text{NO} : \text{NO}_2 = 1 : 1$, dus uit 4,50 mol $\text{NO}(\text{g})$.

$$\text{O}_2 : \text{NO}_2 = 1 : 2, \text{ dus uit } \frac{1}{2} \times 4,50 = 2,25 \text{ mol O}_2(\text{g}).$$

- 24 Van $\text{NO}(\text{g})$ blijft over: $7,00 - 4,50 = 2,50 \text{ mol}$ in 10,0 L $\rightarrow [\text{NO}] = 0,250 \text{ M}$.

$$\text{Van O}_2(\text{g}) \text{ blijft over: } 5,00 - 2,25 = 2,75 \text{ mol in 10,0 L} \rightarrow [\text{O}_2] = 0,275 \text{ M.}$$

$$\text{Van NO}_2(\text{g}) \text{ ontstaat } 4,50 \text{ mol in 10,0 L} \rightarrow [\text{NO}_2] = 0,450 \text{ M.}$$

- 25 $\Delta E = E_{\text{product(en)}} - E_{\text{beginstof(fen)}} = (0,332 - 0,913) \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} = -0,581 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

OPGAVE 9

- 26 Jood is hydrofoob (geen OH- of NH-binding). Water is hydrofiel (OH-bindingen). De jood-moleculen kunnen geen H-bruggen vormen met de watermoleculen.
- 27 Extraheren.
- 28 $M(I_2) = 253,8$. Aantal mol I_2 : $\frac{2,54 \cdot 10^{-3}}{253,8} = 1,00 \cdot 10^{-5}$ mol.
- 29 In 3,0 mL water kan $\frac{3,0}{100} \times 0,030 = 9,0 \cdot 10^{-4}$ gram I_2 oplossen.
Aantal mol I_2 : $\frac{9,0 \cdot 10^{-4}}{253,8} = 3,5 \cdot 10^{-6}$ mol.
- 30 In benzine zit 9,0 keer zoveel jood: $9,0 \times 3,5 \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 10^{-5}$ mol.
Totaal kan er $3,5 \cdot 10^{-6} + 3,2 \cdot 10^{-5} = 3,5 \cdot 10^{-5}$ mol jood opgelost zijn in het vloeistofmengsel van water en benzine.
Er is slechts $1,00 \cdot 10^{-5}$ mol jood gebruikt (zie onderdeel 28), dus zal alles opgelost zijn.

OF

Er is $1,00 \cdot 10^{-5}$ mol I_2 gebruikt. In water zal hiervan $\frac{1}{10}$ deel opgelost zijn (en in benzine $\frac{9}{10}$), dus $1,00 \cdot 10^{-6}$ mol. Dat is minder dan wat er maximaal kan oplossen (zie onderdeel 29), dus al het jood is opgelost.

OPGAVE 10

- 31 Het volgende evenwicht stelt zich in, met daaronder de hoeveelheden in mol bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):

4 HCl(g)	$+$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{ Cl}_2(\text{g})$	$+$	$2 \text{ H}_2\text{O(g)}$	
9,50		2,60		0		0	Begin
3,80 (40%)		0,95		1,90		1,90	Reactie (volgens molverhouding)
-----	-	-----	-	-----	+	-----	
5,70		1,65		1,90		1,90	Eind

Het volume is 5,0 liter, dus:

$$[\text{HCl}] = \frac{5,70}{5,00} = 1,14 \text{ M}; [\text{O}_2] = \frac{1,65}{5,00} = 0,330 \text{ M}; [\text{Cl}_2] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{1,90}{5,00} = 0,380 \text{ M}$$

$$32 \quad K = \frac{[\text{Cl}_2]^2 [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{HCl}]^4 [\text{O}_2]} = \frac{0,380^2 \times 0,380^2}{1,14^4 \times 0,330} = 0,0374$$

OPGAVE 11

- 33 Het volgende evenwicht stelt zich in, met daaronder de hoeveelheden in mol bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):

$3 \text{ H}_2(\text{g})$	$+$	$\text{N}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{ NH}_3(\text{g})$	
30,0		10,0		0	Begin
6,0		2,0		4,0	Reactie (volgens molverhouding)
-----	-	-----	-	-----	
24,0		8,0		4,0	Eind

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 [\text{N}_2]} \rightarrow K = \frac{\left(\frac{4,0}{1000}\right)^2}{\left(\frac{24}{1000}\right)^3 \times \frac{8,0}{1000}} = 1,4 \cdot 10^2$$

OPGAVE 12

- 34 Na instelling van het evenwicht is er x mol H_3O^+ ontstaan. Omdat de hoeveelheden NH_3 en NH_4^+ verwaarloosbaar veranderd zijn, blijven deze hoeveelheden respectievelijk 0,10 mol en 0,15 mol. In de evenwichtsvoorwaarde komt $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ niet voor (alleen (aq) en (g) komen voor).

$$K = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \rightarrow K = \frac{0,10 \cdot x}{0,15} = 5,8 \cdot 10^{-10} \rightarrow x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 8,7 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

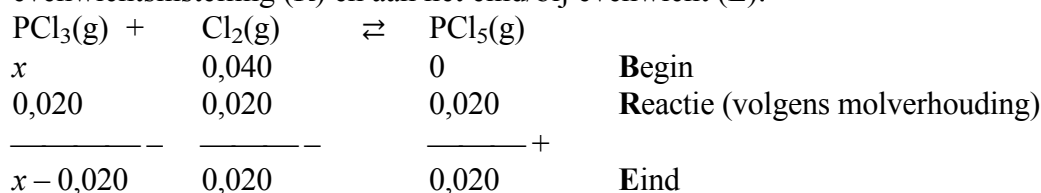
- 35 Er is $\frac{3,2 \text{ g}}{39,997 \text{ g mol}^{-1}} = 0,080 \text{ mol OH}^-$ toegevoegd.

Hierdoor is er 0,080 mol NH_4^+ weggereageerd en blijft er $0,15 - 0,080 = 0,070 \text{ mol NH}_4^+$ over. Tevens is er 0,080 mol NH_3 bijgekomen: $0,10 + 0,080 = 0,18 \text{ mol NH}_3$. De hoeveelheid H_3O^+ wordt weer op x gesteld.

$$K = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \rightarrow K = \frac{0,18 \cdot x}{0,07} = 5,8 \cdot 10^{-10} \rightarrow x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

OPGAVE 13

- 36 De hoeveelheid PCl_3 is onbekend en stellen we gelijk aan x . Hieronder staat de evenwichtsreactie met daaronder de hoeveelheden in mol bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):



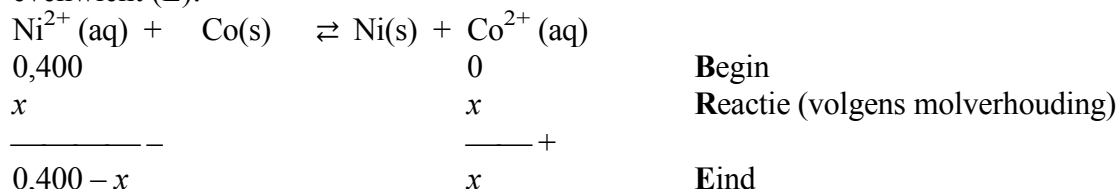
$$K = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]} = 17 \rightarrow K = \frac{0,020}{(x - 0,020)(0,020)} = 17 \rightarrow x = 0,079 \text{ mol PCl}_3$$

OPGAVE 14

- 37 $K = \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} = 3,22 \rightarrow$ Alleen het aantal mol per liter van de ionen is van belang.

Het aantal mol per liter dat er verdwijnt aan Ni^{2+} is gelijk aan het aantal mol per liter dat er ontstaat aan Co^{2+} . Deze hoeveelheid noemen we x .

Hieronder staat de evenwichtsreactie met daaronder de concentratie van de ionen in mol per liter bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):



$$K = \frac{x}{(0,400 - x)} = 3,22 \rightarrow x = 0,305 \text{ M, dus } [\text{Co}^{2+}] = 0,305 \text{ M en } [\text{Ni}^{2+}] = 0,095 \text{ M}$$

- 38 Omdat deze K geen eenheid heeft, mag hier met (m)mol gewerkt worden in plaats van concentratie. Dit maakt het rekenwerk een stuk eenvoudiger.

Bij evenwicht aanwezig:

$$25,0 \text{ mL} \times 0,095 \text{ mmol mL}^{-1} = 2,38 \text{ mmol Ni}^{2+} \text{ en}$$

$$25,0 \text{ mL} \times 0,305 \text{ mmol mL}^{-1} = 7,63 \text{ mmol Co}^{2+}$$

Toegevoegd:

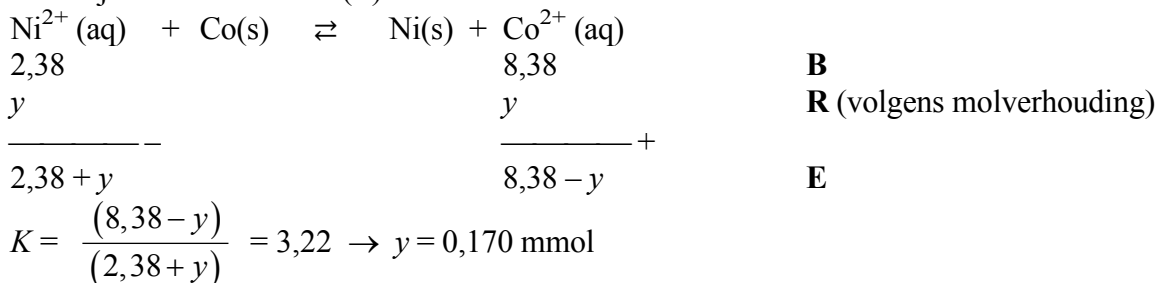
$$5,00 \text{ mL} \times 0,150 \text{ mmol mL}^{-1} = 0,750 \text{ mmol Co}^{2+}$$

Totaal aanwezig:

$$7,63 + 0,750 = 8,38 \text{ mmol Co}^{2+}$$

Dit is direct na toevoegen van de CoCl_2 -oplossing. Vanuit deze toestand gaat het evenwicht zich opnieuw instellen. Het evenwicht zal de verstoring tegenwerken door naar links te verschuiven. Hierdoor neemt de hoeveelheid Co^{2+} af met y mmol. Tegelijkertijd neemt de hoeveelheid Ni^{2+} toe met y mmol. Het eindvolume wordt $25,0 + 5,0 = 30,0 \text{ mL}$.

Hieronder staat de evenwichtsreactie met daaronder de hoeveelheden van de ionen in mmol bij het begin/nieuwe situatie (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij nieuw evenwicht (E):



$$\text{Co}^{2+} = 8,38 - 0,170 = 8,21 \text{ mmol in } 30,0 \text{ mL} \rightarrow [\text{Co}^{2+}] = \frac{8,21 \text{ mmol}}{30,0 \text{ mL}} = 0,274 \text{ M}$$

$$\text{Ni}^{2+} = 2,38 + 0,170 = 2,55 \text{ mmol in } 30,0 \text{ mL} \rightarrow [\text{Ni}^{2+}] = \frac{2,55 \text{ mmol}}{30,0 \text{ mL}} = 0,0850 \text{ M}$$

OPGAVE 15

- 39 Het volume van de AgNO_3 -oplossing neemt toe tot $75,0 \text{ mL}$. De oplossing wordt dus 1,50 keer verdund. Direct na mengen geldt $[\text{Ag}^+] = \frac{0,0840}{1,50} = 0,0560 \text{ M}$.

Het oplosbaarheidsproduct, K_s , van AgCl bedraagt $1,8 \cdot 10^{-10}$.

$$\text{Als } \text{AgCl} \text{ neerslaat, geldt: } [\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-] > 1,8 \cdot 10^{-10}, \text{ dus } [\text{Cl}^-] > \frac{1,810^{-10}}{0,0560} > 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ M.}$$

OPGAVE 16

- 40 $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
- 41 De verstoring wordt tegengewerkt: het evenwicht zal naar links verschuiven zodat de hoeveelheid chloor weer afneemt.
- 42 Door volumeverkleining worden de concentraties van alle stoffen groter. Deze verstoring wordt tegengewerkt. Het evenwicht zal zodanig verschuiven dat het totale aantal deeltjes minder wordt. Dus naar links.
- 43 Alle molverhoudingen $1 : 1 : 1$. Er is dus ook $0,040 \text{ mol CO}(\text{g})$ ontstaan en er is $0,040 \text{ mol COCl}_2(\text{g})$ verdwenen. Blijft over: $0,20 - 0,040 = 0,16 \text{ mol COCl}_2$. $K = \frac{0,040^2}{0,16} = 0,010$.

OPGAVE 17

$$44 \quad K = \frac{[\text{Au}(\text{CN})_2^-]}{[\text{Au}^+][\text{CN}^-]^2} = 3,0 \cdot 10^{33}.$$

K is zeer groot, dus is er voornamelijk $\text{Au}(\text{CN})_2^-$.

$$45 \quad 3,0 \cdot 10^{33} = \frac{0,15}{[\text{Au}^+](0,40)^2} \rightarrow [\text{Au}^+] = 3,1 \cdot 10^{-39} \text{ M}.$$

$$46 \quad 3,1 \cdot 10^{-39} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,9 \cdot 10^{-15} \text{ ionen per liter}.$$

47 De reactie kan als aflopend beschouwd worden.

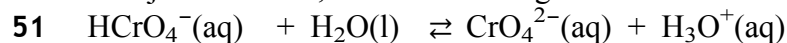
48 De paar vrije Au^+ -ionen worden door CN^- -ionen gebonden tot $\text{Au}(\text{CN})_2^-$. Hierdoor wordt het evenwicht $\text{AuBr(s)} \rightleftharpoons \text{Au}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$ aflopend naar rechts en lost AuBr op.

49 Molverhouding $\text{Au}^+ : \text{CN}^- = 1 : 2$. Er reageert dus $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol CN}^-$, zodat er $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol CN}^-$ overblijft. Tevens ontstaat er $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol Au}(\text{CN})_2^-$.

$$\text{Invullen in } K : 3,0 \cdot 10^{38} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{[\text{Au}^+](3,6 \cdot 10^{-2})^2} \rightarrow [\text{Au}^+] = 3,1 \cdot 10^{-38} \text{ M}.$$

OPGAVE 18

50 Als gevolg van verdunning neemt de concentratie af. Door tegenwerking moet het aantal deeltjes toenemen, dus verschuiving naar rechts.



$$52 \quad K_z = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCrO}_4^-]}$$

$$53 \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ M} = [\text{CrO}_4^{2-}]$$

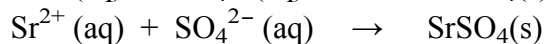
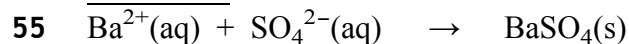
$$\text{Invullen in } K_z \text{ levert: } [\text{HCrO}_4^-] = 3,47 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,082 - \frac{1}{2} \times 3,47 \cdot 10^{-3} = 0,080 \text{ M}.$$

$$\text{Invullen in } K \text{ levert: } K = \frac{(3,47 \cdot 10^{-3})(3,47 \cdot 10^{-3})}{0,080} = 1,5 \cdot 10^{-4}.$$

$$54 \quad 1,0 \cdot 10^{-7} = 1,0 \cdot 10^{-3} \times \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]} \rightarrow \text{dus } 10^4 \text{ keer zoveel } \text{HCrO}_4^- \text{ als } \text{CrO}_4^{2-}.$$

OPGAVE 19



$$56 \quad \text{Er geldt: } K_s(\text{SrSO}_4) = [\text{Sr}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 3,4 \cdot 10^{-7}.$$

$$\text{SrSO}_4 \text{ slaat neer als } [\text{SO}_4^{2-}] = \frac{3,4 \cdot 10^{-7}}{0,010} = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

$$\text{Er geldt: } K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-10}.$$

$$\text{Bij berekende } [\text{SO}_4^{2-}] \text{ geldt: } [\text{Ba}^{2+}] = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{3,4 \cdot 10^{-5}} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ M}.$$

$$57 \quad K_s = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,8 \cdot 10^{-10} \quad [\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

58

$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+][\text{Cl}^-]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2} \times \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{1} = K_c \times K_s$$

$$K = 1,7 \cdot 10^7 \times 1,8 \cdot 10^{-10} = 3,1 \cdot 10^{-3}.$$

- 59 Stel $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = [\text{Cl}^-] = x$, dan geldt bij evenwicht: $[\text{NH}_3] = 1,0 - 2x$ M.

$$\text{Invullen in } K \text{ levert: } 3,1 \cdot 10^{-3} = \frac{x^2}{(1,0 - 2x)^2} \rightarrow 5,5 \cdot 10^{-2} = \frac{x}{(1,0 - 2x)}$$

$$\rightarrow x = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ M} > 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ M bij onderdeel 57.}$$

OPGAVE 20

- 60 De dichtheid van $4,8 \text{ g dm}^{-3}$ is een gemiddelde dichtheid. De afzonderlijke dichtheden van HF en $(\text{HF})_6$ zijn niet bekend, maar kunnen berekend worden uit de molaire massa en het molair volume volgens: $\rho = \frac{M}{V_m}$.

$$\text{Bij } 293 \text{ K bereken je } V_m \text{ met: } V_m = \frac{293}{273} \times 22,4 = 24,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}.$$

$$\text{HF: } \rho = \frac{20,01}{24,0} = 0,834 \text{ g dm}^{-3}.$$

$$(\text{HF})_6: \rho = \frac{120,06}{24,0} = 5,00 \text{ g dm}^{-3}.$$

De dichtheid van het gasmengsel ligt het dichtst bij de dichtheid van $(\text{HF})_6$, dus daarvan zal het meeste aanwezig zijn.

- 61 Bij lagere druk verschuift het evenwicht naar de kant met de meeste deeltjes, dus naar HF. Er zal dus meer HF ontstaan, dat een kleinere dichtheid heeft dan $(\text{HF})_6$. De gemiddelde dichtheid zal daarom kleiner zijn dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$.

$$62 \quad K = \frac{[\text{HF}]^6}{[(\text{HF})_6]} \quad V_m = \frac{353}{273} \times 22,4 = 29,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}.$$

$$\text{Ga uit van } 1,0 \text{ L gasmengsel. Dit bevat } \frac{1,00}{29,0} = 0,0345 \text{ mol gas.}$$

$$\text{Hiervan bestaat } 21\% \text{ uit } (\text{HF})_6, \text{ dus } [(\text{HF})_6] = \frac{21}{100} \times 0,0345 = 7,25 \cdot 10^{-3} \text{ M.}$$

$$\text{En } 79\% \text{ is HF, dus } [\text{HF}] = \frac{79}{100} \times 0,0345 = 2,73 \cdot 10^{-2} \text{ M.}$$

$$\text{Invullen in evenwichtsvoorwaarde: } K = \frac{(2,73 \cdot 10^{-2})^6}{7,25 \cdot 10^{-3}} = 5,73 \cdot 10^{-8}.$$